

(11)Publication number : 2002-016179  
(43)Date of publication of application : 18.01.2002

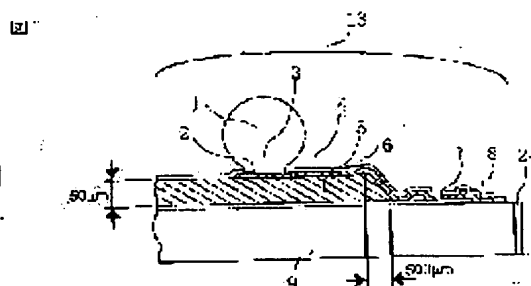
H01L 23/12  
H01L 21/60

(72)Inventor : YAMAGUCHI YOSHIHIDE  
TENMYO HIROYUKI  
INOUE KOSUKE  
DAIROKU NORIYUKI  
HOZOJI HIROYUKI  
MINAGAWA MADOKA  
TSUNODA SHIGEHARU  
ISADA NAOYA  
ANJO ICHIRO  
NISHIMURA ASAO  
UJIE KENJI  
YAJIMA AKIRA

Priority number : 11307986      Priority date : 29.10.1999      Priority country : JP  
2000134213      28.04.2000      JP

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a semiconductor device for enabling flip chip connection without the need of an underfill.

**SOLUTION:** This semiconductor device is provided with a semiconductor element, an insulation layer formed on the semiconductor element and an external connection terminal formed on the insulation layer and electrically connected to an electrode provided on the semiconductor element. In an area from the edge of the insulation layer to a flat part where the thickness of the insulation layer is almost the same, the kind of the wiring pattern of wiring for a power source or the wiring for grounding and the kind of the wiring pattern for the wiring for signals are different.



## 2007/09/12

converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3399455

[Date of registration]

21.02.2003

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]



技術には、以下のような問題がある。

【0007】第一に半導体装置と基板との間隙への樹脂の供給方法に置がある。つまり、隙間が一般的に0.3mm以下である間隙に対して樹脂を供給する方法とし、毛細管現象を利用する方法がとられている。しかし、アンダーフィル用の樹脂材料は、高粘度の液状樹脂であるので、隙間に埋め込む時間がかかるため生産性が悪く、また接続信頼性に悪影響をおよぼす空泡が残存しやすい等の問題がある。

【0008】第二に半導体装置の取り外しに難がある。つまり、基板に接続した半導体装置が不良品であった場合、半導体装置を基板上から取り外しても、硬化したアンダーフィル材料が、取り外した後も基板上に残留してしまいうため、基板の再生が難しいという問題が生ずる。

【0009】第一および第二の問題点を解決するために、アンダーフィルを実施せずに、半導体装置を基板に接続することが望ましい。しかしながら、アンダーフィルは、完成した電気製品を使用する際の発熱等による破損に生じる歪みに起因する接続部の破壊を防止する目的で実施されており、実施しない場合には、半導体装置の接続寿命が極端に短くなってしまいうという問題が生じ

る。

【0010】ところで、アンダーフィルの不要なフリップチップ接続を可能とする半導体装置が実現するため、厚膜絶縁膜を印刷形成した場合、外部接続用端子と厚膜絶縁膜上に形成するパンプパッドには、厚膜絶縁膜だけの隙間が存在する。

【0011】したがって、通常の方法で露光した場合、露光の焦点が合わず、解像不足が発生する。

【0012】本発明の目的は、アンダーフィルの不要なフリップチップ接続を可能とする半導体装置が実現し、高精度に配線を形成することにある。

【0013】【課題を解決するための手段】本発明は上記目的を達成するために、特許請求の範囲の通りに構成するものである。このように、所望の絶縁層（厚膜絶縁層）の上に、配線を形成することにより上記の目的は達成される。例えば、配線の幅を厚膜絶縁層の平坦面と傾斜面において配線幅を変え、すなわち傾斜面の配線幅を太くすることで高精度に配線を形成することとした。また、液状のレジストを用いた場合、厚膜絶縁層と厚膜絶縁層の下に形成されている絶縁層の境界面において、レジストの膜厚が厚くなり、解像性が低下するので、フィルムレジストを用いることで高精度に配線を形成することとした。なお、本明細書では、この厚膜絶縁層を応力緩和層と記載している。

【0014】

【発明の実施の形態】以下、本発明の一実施例について図を併用しつつ説明する。なお、全ての図において、同

一符号は同一部位を示しているため、重複する説明を省いている場合があり、また説明を容易にするため各部の寸法比を実際とは変えである。

【0015】まず、本実施例による半導体装置の構造について説明する。半導体装置は、ウェーハ単位で多数値が一括して製造されるが、以下では説明を容易にするために、その一部を取り出して説明する。図1に本実施例の半導体装置13の部分断面図を示す。

【0016】半導体回路が形成されたウェーハ9とは、半導体製造工程でいうところの前工程を終了したウェーハであり、多数個の半導体装置13に分割切断前のものである。各半導体装置13には外部用接続端子、例えばアルミパッド7が形成されている。このアルミパッド7は従来型の半導体装置13において、QFP（Quad Flat Package）などの半導体パッケージにおさめる場合に、金ワイヤ等を接続し、半導体パッケージの外部端子との導通を実現するために使用されている。半導体回路が形成された半導体装置13の表面は、アルミパッド7上および多数個の半導体装置13に切断する際のウェーハ9をチップ状の半導体装置13に切断する際の切断部24およびその周辺を除き、保護膜8に覆われている。この保護膜8には厚さ1乃至10マイクログラム程度の無機材料からなる絶縁樹脂単独あるいは有機材料からなる絶縁樹脂を併用している。この保護膜8には厚さ1乃至10マイクログラム程度の無機材料からなる絶縁膜を単独、あるいは前記無機絶縁膜の上部に有機材料からなる有機絶縁膜を積層した複合膜を使用している。この複合膜を使用する場合、該有機膜は感光性樹脂材料を使用することが望ましい。本実施例で保護膜8は有機膜として好適な感光性材料を示すこと、感光性ポリイミド、感光性ベンゾシクロブテン、感光性ポリベンゾオキサゾールなどがある。本実施例では、これに限らず保護膜として公知慣用の無機材料、有機材料あるいはこれらの複合膜が使用できる。例えば無機膜としては、SiNやSiO<sub>2</sub>などが使用できる。また、該有機膜は無機膜のほぼ全面を覆うように形成されていても勿論かまわないが、図33に示されるようにアルミパッド7の近傍となる領域のみに形成されていてもかまわないし、図34に示されるように無機膜表面の任意の複数箇所にみに形成されるように無機膜表面の任意の複数箇所の領域を限られていても構わない。このように有機膜の領域を限定することによって保護膜8の内部応力によるウェーハ9の反りが低減され、製造工程におけるハンドルングや露光時の焦点合わせなどの点で有利となる。なお本実施例では、アルミパッド7の近傍の領域とは、アルミパッド7の端部から最大距離1mmまでの領域を指している。なお、図33及び図34ではアルミパッド7の周囲の有機膜は連続領域に形成されているが、個々のアルミパッド毎にそれぞれ独立した領域に形成しても構わない。具体的に、例えば図35のような領域となる。図33から図35のいずれの形態を使用するかは、該有機

膜に使用する感光性樹脂のパターン精度、膜の内部応力、および該半導体装置の素子特性を鑑みて決定する。ここで言う素子特性の一例を挙げると、該半導体装置への応力作用により素子内部の個々のアクティブセル（トランジスタ）におけるエネルギー障壁の単位が変動したりすることを目指す。

【0017】保護膜8の上には厚さ35乃至150マイクログラムの応力緩和層5が選択的に形成されている。応力緩和層の膜厚は、半導体素子のサイズ、応力緩和層の弾性率、半導体素子厚などにも依存しているが一般には断定できないが、一般的に使用される半導体素子厚はおよそ150乃至750マイクログラムであり、半導体素子とその表面に形成される応力緩和層とからなるバイメタルモデルで応力シミュレーション実験をおこなったところ、所要の応力緩和層厚は10乃至200マイクログラムが望ましく、更に好ましくは35乃至150マイクログラムであることがわかったため本実施例はこの膜厚範囲で形成した。これは、半導体素子の厚みに対して約1/20から1/15程度の厚みに相当する。膜厚が35マイクログラムより小さくなると、所望の応力緩和を得ることができず、また膜厚が150マイクログラムを越えて厚くなると応力緩和層5自身が持っている内部応力のためにウェーハの反りが発生し、露光工程でのピンホールや配線形成工程などでのハンズリング不具合などが発生し易くなり、生産性が低下するという問題がある。応力緩和層5は、半導体ウェーハより大幅に小さい弾性係数、例えば室温において0.1GPaから10GPaの弾性係数を有する樹脂材料により形成されている。この範囲の弾性係数を有する応力緩和層であれば信頼性の高い半導体装置を提供することができ、すなわち、0.1GPaを下回る弾性係数の応力緩和層の場合、半導体素子そのものの重量を支えることが困難になって半導体装置として使用する際に特性が安定しないという問題が生じやすい。一方、10GPaを越える弾性係数の応力緩和層を使用すると、応力緩和層5自身を持っていく内部応力のためにウェーハの反りが発生し、露光工程でのピンホールや配線形成工程などでのハンドルング不具合などが発生し易くなり、さらにウェーハが割れるという不具合が発生する危険性すらある。応力緩和層5のエンジンは傾斜を有しており、その平均勾配は5乃至30%程度である。5%を下回る傾斜の場合、傾斜が長くなりすぎた所望の膜厚が得られない。例えば、平均勾配3%の傾斜角で厚み100マイクログラムとするためには、3ミリメートル超の水平距離が必要となり左右のエンジンをあわせるとほぼ7ミリメートルがなければ所望の膜厚が得られないこととなる。一方、傾斜角が30%超の場合、水平距離の点では問題がないが、逆に配線形成の際に十分なステップカバレッジが得られず危険性が高い。特にめっきレジストの付き回りが露光および現像の工程でのプロセスマージ

ンがなく、特別な技能または技術が必要となる。さらに傾斜角が大きき場合には、いわゆる応力集中効果が生じてそのエンジン部に応力が集中し、その結果としてエンジン部で再配線用配線4の断線が発生しやすくなる傾向があらわれ、配線構造に特別な工夫が必要となる場合がある。図1の場合、応力緩和層5のエンジより500マイクログラムの水平距離にて50マイクログラムの膜厚となっているため、平均勾配は10%である。再配線用配線4は、銅などの導体で形成されており、アルミパッド7と応力緩和層5表面の突起状電極、例えばパンプパッド3とを接続している。またパンプパッド3上は、パンプパッド3の酸化を防止するための金めっきを設けてもよい。半導体装置13の表面はパンプパッド3および多数個の半導体装置13の表面はパンプパッド3および多数個の半導体装置13の表面はパンプパッド3を除き、表面保護膜6で覆われている。

【0018】表面保護膜6で保護膜8および応力緩和層5を完全に覆うことで封止しているため、半導体素子が形成されたウェーハ9の表面から保護膜8および応力緩和層5が剥離することを防止し、半導体の性能劣化を引き起こすイオン等の異物の侵入をも低減できる。また、保護膜8、応力緩和層5、表面保護膜6は、いずれも切断部24より後述しているため、半導体装置13を切断分離する際に損傷を受けることがない。

【0019】表面保護膜6としては電気絶縁特性を有する各種樹脂材料を使用することが出来る。パターンを形成する必要があるため感光性材料であることが望ましいが、例えばインクジェットなどの高精度印刷に対応した材料を用いて印刷で形成しても構わない。その他、カーテンコートなどの安価な塗布方法によって絶縁膜を形成した後にフォトリソグラフィプロセスを用いてエンジンを形成してパターンニングし、このレジストパターンを用いて上記絶縁膜をエッチング加工、レジスト剥離という工程を経て形成してもよい。このような材料として、本実施例では様々な材料が使用可能であるが、いくつかの例示として（1）感光性材料としてアクリル変性感光性エポキシ樹脂、感光性ポリイミド樹脂、（2）インクジェット印刷材料としてポリアミドイミド樹脂、ポリイミド樹脂、（3）ベタ成膜用材料として変性トリアゾール樹脂、変性メラミン樹脂、ポリイミド樹脂などが好適に用いられる。感光性樹脂材料についてさらに具体的例示すると、安価な感光性樹脂材料としてポリイミド樹脂が好適に使用される。例えば、例えば（株）のフォトニクスTMなどが好適である。なお本実施例では、パンプ1が形成されている。このパンプ1は、はんた材料で形成するのが一般的である。ここでパンプ

50





	露光マスク下部の隙間 [μm]					
	40	60	80	100		
配線幅 [μm]	15	x	x	x	x	
	20	○	x	x	x	
	25	○	○	○	x	
	30	○	○	○	○	
	40	○	○	○	○	
	50	○	○	○	○	

○：解像可  
x：解像不可

【0044】図11にアルミパッドとの接続部23とパンプパッド3が再配線用配線4で接続されている様子を  
示す。本実施例で使用した露光装置の場合には、表1の  
横軸である露光マスクの下部の隙間は応力緩和層の厚さ  
にはほぼ対応しているため、例えば応力緩和層の厚さが6

0マイクロメートルであれば配線の幅は25マイクロメ  
ートルまで解像可能である。したがって、信号線の配線  
幅を25マイクロメートルとし、電源またはグラウンド線  
の配線幅を40マイクロメートルとして配線をするこ  
とができる。また、信号線の配線を25マイクロメートル  
として、その信号線の一部を太くすることも可能であ  
る。

【0045】図12に応力緩和層5の傾斜部付近にお  
ける再配線用配線4を拡大して示す。上述のように、応力  
緩和層5のエッジ近傍でレジスト膜厚が不均一となっ  
ているため、その領域で現像不足が発生しやすい傾向が  
あった。図13に実際に応力緩和層5のエッジ部分で現  
像不足が起こっている様子を示す。本実施例では、この  
対策のために現像液の回り込みを改善することによって  
解決した。より具体的に例示すると、配線パターン形状  
を図14や図15に示したように変更することなどの方  
策である。

【0046】図14はアルミパッドとの接続部23から  
応力緩和層5の頂上付近まで配線幅を太くした場合を、  
図15は解像性が悪い応力緩和層5のエッジ部分のみの  
配線幅を太くした場合を示している。なお、これら図1  
4および図15における配線幅は、応力緩和層5の厚さ  
と表1に示した解像特性とを考慮して決定する。他の解  
決策として現像時間を延長することで現像残りを解消す  
る方法も考えられる。また、マスク面で光が回折するた  
め、露光マスク21の下に隙間20が存在することに起  
因して解像性低下やパターン精度低下が起こることがあ  
る。

【0047】この現象の解決策として、(1)露光機  
光学系変更、(2)レジストのブリーチング性改良、  
(3)レジストのブリーチ条件適正化、(4)多段階  
光などがあげられる。露光機的光学系の変更について具

体例を1つ挙げると、NA値が0.0001以上0.2  
以下の露光機を使用するという方法があげられる。ここ  
で挙げた例に限らず、公知慣用のプロセス上の工夫を適  
宜組み合わせたことで、パターンの解像性、精度を向上  
することができる。

【0048】応力緩和層5のエッジ部はウェーハと応力  
緩和層5の物性値の違いにより生じる応力が集中しやす  
い構造上の特徴があるため、応力緩和層5の傾斜部で配  
線を太くすることにより断線を効果的に防止することも  
できる。なお、必ずしもすべての配線に同じ太さにする  
必要はなく、例えば図16に示すように電源/グラウン  
ド線と信号線で配線の幅を変えるようにしてもよい。この  
場合、電気的な特性を考慮すると一般には電源/グラウン  
ド線を信号線よりも太くすることが望ましい。信号線を  
太くした場合、これにより配線の有する容量成分が増加  
し、高周波動作時に影響を及ぼすからである。逆に電源/  
グラウンド線を太くすると電源電圧が安定するという効果  
が期待できるものでむしろ好ましい。したがって、図示す  
るように信号用配線については、応力の集中する部分だ  
けを最低限度でできるようにエッジ周辺を太くしたパタ  
ーンとし、電源用またはグラウンド用配線については傾斜  
部を太くすることが望ましい。一方、応力緩和層  
が形成されていない平坦部においては、配線の容量成分  
の影響を考慮し、信号配線を細くしている。ただし、こ  
れは半導体素子の種類やその配線パターンによりその都  
度考慮する必要がある。例えば、半導体素子やその配線  
パターンにも依存するが、保護膜8の厚みを増大すると  
配線の容量低減に大きな効果があるため、応力緩和層が  
形成されている低い平坦部で信号配線を太くせずを得な  
い場合には、保護膜8を厚く形成することが望ましい。  
具体的には、配線幅を10%増大させる場合には、保護  
膜8の膜厚も約10%程度増大させることが望ましい。  
一方、応力緩和層の上部平坦部での配線幅は、信号線容  
量よりもむしろ配線密度によって制限を受ける。すなわ  
ち、パンプパッドの間隔に通す配線数、パンプパッド  
の径、配線形成工程における位置合せ精度、などから応  
力緩和層の上部平坦部での配線幅の上限値が求められ

る。具体的に一例を示すと、パンプパッド間隔が0.5  
ミリメートルで、パッド径300マイクロメートル、パッ  
ド間に3本配線をはく場合には、(500-300)/  
(3×2-1)=40 という計算となる。この計算結  
果から、本実施例では平均配線幅/配線間隔=40マイ  
クロメートルとした。

【0049】第五工程について説明する。本実施例で  
は、硫酸酸性銅めっき液を用い銅めっきを実施した。電  
気銅めっきは、界面活性剤による洗浄、水洗、希硫酸に  
よる洗浄、水洗を行った後、給電線16を陰極に接続  
し、リンを含有する銅板を陽極に接続して実施した。

【0050】引き続き、電気ニッケルめっきを行う。な  
お、電気ニッケルめっき前に、界面活性剤による洗浄、  
水洗、希硫酸による洗浄、水洗を行うと良好な膜質の電  
気ニッケルめっき膜が得られやすい傾向がある。電気ニッ  
ケルめっきは、給電線16を陰極に接続し、ニッケル板  
を陽極に接続して行った。本実施例で好適な電気ニッ  
ケルめっきは、公知慣用しないはずのニッケルめっき浴でも  
使用可能であり、ワット浴系でもスルファミン浴系でも  
よいが、本実施例ではワット浴系を用い、めっき膜内部  
の応力が適正範囲になるように調整しためっき条件下で行  
なった。スルファミン浴はめっき液成分がワット浴と比  
べると高価であるうえ若干分解しやすい傾向があるとい  
う点はあるが皮膜応力が制御しやすい。一方、ワット  
浴は一般に皮膜応力が大きくないからで、厚膜め

きした場合には自身の持つ皮膜応力(引張り応力)の  
ために配線層にクラックが入る危険性が增大するという  
点がある。本実施例ではワット浴を用いたが、スル  
ファミン浴を用いる場合でもワット浴を用いる場合でも、  
添加剤(皮膜応力抑制剤)の種類および濃度、めっき電  
流密度、めっき温度の適正範囲を求めめるためのモデル  
実験をあらかじめ実施してから行うと良い。本実施例で  
はこれらを適正に制御して膜厚10マイクロメートル以下  
では配線にクラックがはいらない条件をあらかじめ求め  
てから実施した。なお、めっき膜応力は、析出したニッ  
ケルの金属結晶配向性に関わる指標の1つであり、後述  
するはんた広さの成長を抑制するために、適正に制御  
する必要がある。膜応力が適正に制御された条件下でめ  
っきすると、めっき皮膜は特定量の微量成分を共析す  
るようになる。例えば、硫酸0.01~0.05%を含有  
する膜の場合、特定の結晶配向面の含有率が高まる。よ  
り具体的に言えば、配向面111、220、200、3  
11の含有率が合計で50%以上となる。電気ニッケル

めっきの膜厚は、その後の工程で用いるはんたの種別や  
リフロー条件、及び半導体装置の製品特性(実装形態)  
により最適値を決定する。具体的には、はんたリフロー  
や実装リベアの膜厚に形成されるはんたのニッケルとの合  
金層の膜厚、ニッケルめっき膜厚以上になるように決定  
する。配線層13に金を成膜した。ここでは表面保護膜6とし  
度が高いほど大きく、リフロー上限温度が高いほど大き

くなる。このように、再配線用配線として銅配線の上に  
ニッケル層を形成すると、半導体装置と回路基板の間に  
働く熱応力により再配線用配線が変形を受け、その後そ  
の応力が解放されたときに、再配線用配線はニッケル層  
のばね性により変形前の形状に戻るることができる。例え  
ば、半導体装置の動作により引き起こされる熱応力の作  
用により、応力緩和層及びその上に形成されている再配  
線用配線4がお互いに密着した形で変形する。このとき  
の再配線用配線の変形には応力緩和層のふくらみ部分に

ある再配線用配線の冗長部分のたわみ部分が用いられ  
る。その後、熱応力等から解放されて応力緩和層が元の  
形状に戻ったときに、再配線用配線が銅配線のみの場合  
は銅配線は銅配線自身のばね性により再配線形状に戻り  
にくい。一方、銅配線の上にニッケル層を形成すると、  
そのニッケル層のばね性により再配線用配線(銅配線)  
は元の形状に容易に戻るることができる。なお、銅配線の上  
上に形成されるのはニッケル層に限らず、銅配線の上で  
ニッケル層と同程度のバネ性を有するものであってもよ  
い。また、銅配線の代わりに伸縮性のある配線を形成す  
る場合はニッケル層は必ずしも必要ない。

【0051】第六工程では、電気銅めっきおよび電気ニ  
ッケルめっきを行ったのちに配線の逆パターンであるレ  
ジスト17を除去し、エッチング処理をすることですぐめ  
成膜した給電線16を除去する。銅のエッチングには、  
塩化鉄、アルカリ系エッチング液等の種別があるが、本  
実施例では硫酸/過酸化水素水を主成分とするエッチン  
グ液を用いた。10秒以上のエッチング時間がないと制  
御が困難となったため実用的観点では不利であるが、あまり  
に長い時間エッチングを行なうと、例えば5分を越えて  
エッチングするようになると、サイドエッチングが大  
きくなったりタクトが長くなるという問題も生じた  
め、エッチング液およびエッチング条件は、適宜実験に  
より求めるのがよい。引き続き実施する給電線16の  
クロム部分のエッチングには、本実施例では過マンガン  
酸カリウムとメタケイ酸を主成分とするエッチング液を  
用いた。なお、上記電気ニッケルめっき膜は給電線16  
のエッチングの際のエッチングレジストとしても機能し  
ている。従って、ニッケルと銅、ニッケルとクロムのエ  
ッチング選択比を勘案してエッチング液の組成成分、エ  
ッチング条件を決定する。例えば、具体的に言え  
ば、銅のエッチングの際に使用する硫酸過酸化水素エッ  
チング剤では、硫酸の含有量は最大でも50%以下、望  
ましくは15%以下とする。これにより、ニッケルに対  
して10倍程度のエッチング選択比で銅をエッチングで  
きる。

【0052】第七工程では、パンプパッド3および切  
断部24およびその周囲のみが開孔した表面保護膜6を形  
成し、引き続き無電解金めっきを実施することでパンプ  
パッド部3に金を成膜した。ここでは表面保護膜6とし  
てソルダーレジストを使用し、これを半導体装置13の





成面上に形成された応力緩和層5の特性を厚み方向で異ならせ、ウェーハ表面側の応力緩和層の特性がウェーハの特性に近くなるようにした。

【0066】これにより、ウェーハ上面と応力緩和層下の境界面における特性の差を少なくし、これらの上に設けた配線に不連続な力や、応力緩和層の膨張収縮による引張りや圧縮、曲げの応力が配線部に加わらないようにすることで、配線部の断線防止が可能となる。

【0067】さらに、ウェーハ側の応力緩和層5の特性はウェーハに近い、該半導体装置を搭載する基板側はその基板の特性に近くすることにより、応力緩和層5上の配線のみならず該半導体装置と前記基板の接合部の接続寿命向上にも有効である。

【0068】ここで、応力緩和層5の厚み方向で漸次変化する特性として、熱膨張係数あるいは弾性率等が考えられる。そして、応力緩和層の特性を変化させる具体的な手段として、図22に示すように、絶縁性の粒子であるシリカ粒子102を配合し、応力緩和層5の厚さ方向にシリカ粒子102の配合量を分布を持たせ熱膨張係数にシリカ粒子102の配合量を徐々に変化する。シリカ粒子102が多くや弾性率は徐々に変化する。シリカ粒子102が多く分布している部分では、応力緩和層5の熱膨張係数が小さく弾性率は高くなる。一方、シリカ粒子102の配合量が少なくなると熱膨張係数は大きくなり弾性率は低くなる。

【0069】本実施例における半導体装置の製造工程も、ウェーハ上の回路形成、応力緩和層形成、シリカ粒子の分布、応力緩和層上の配線形成等をウェーハ状態で行うことにより、全体工程の簡略化、製造時のバラツキ等が少なくなり配線部の寿命向上が可能である。

【0070】本実施例では、応力緩和層5の弾性率や熱膨張を調整するための絶縁粒子である、シリカ、アルミナ、窒化ホウ素等の無機材料からなる粒子を一種類あるいは二種類以上配合し、また必要に応じてポリイミドやシリコーン等の有機材料からなる粒子を適宜配合してもよい。

【0071】さらに、シリカ粒子や絶縁樹脂層を構成する各境界面との接合性向上のためのアルコキシランやチタネート等からなるカップリング剤、樹脂の低膨張びや断線強度を向上させた熱可塑性樹脂等への改質剤、ウェーハ上に形成された回路部の素外線等による腐蝕を防止するため絶縁樹脂層を着色するための染料や顔料、樹脂層の酸化反応を促進させるための硬化促進剤等を配合することも可能である。

【0072】厚さ方向で特性を変化させた応力緩和層5の形成方法としては、例えば前記記載の材料を配合してなる弾性の応力緩和層5をウェーハの回路面上に塗布し、この応力緩和層5を加熱硬化する過程で、配合したシリカ等からなる絶縁粒子をウェーハ上に漸次堆積させる方法がある。シリカ粒子の粒子径に分布が有る場合、粒子径の大きい粒子ほど沈降が早く、粒子径の小さい粒

子ほど沈降し難く、ウェーハを下側にして応力緩和層の加熱硬化を行うと、応力緩和層の厚み方向で特性の分布が形成される。

【0073】応力緩和層5に配合されたシリカ粒子の膜厚方向での濃度分布を制御する方法としては、絶縁樹脂の硬化温度、硬化温度プロファイルと適宜調整したり、硬化の進行を早めるための硬化促進剤の配合量や種類、あるいは硬化を遅らせるための反応抑制剤等を適宜配合する方法やシリカ粒子等絶縁粒子の粒子径分布を変更する方法がある。

【0074】本実施例に適用可能なシリカ粒子は、溶融レインゴット化したシリカの塊を破砕したもので、シリカインゴットを破砕後、再度シリカ粒子を加熱溶融して球形化したもの、さらに合成したシリカ粒子等が適用可能である。シリカ粒子の粒子径分布や配合量は、本実施例の構造を適用する半導体装置の大きさ、厚さ、集積度、応力緩和層5の厚さ、粒子の粒径や搭載する基板の種類によって種々変更可能である。

【0075】印刷法により応力緩和層5を形成する場合、印刷の方法によっては、適用するマスクの寸法によっては粒子径の分布を変更する必要がある場合もある。

【0076】なお、応力緩和層5は一回の印刷で形成される必要はなく、図23に示すように、少なくとも2回以上の印刷で形成してもよい。さらに、それぞれの層に含まれるシリカ粒子の配合量を異ならせて印刷してもよい。

【0077】本実施例では、ウェーハの回路部から応力緩和層上に設けた電極に至る段階で、配線が形成される部分の物性が急激に変化しないので、配線の一部に大きな力が集中することが無く、配線の断線防止が可能となる。

【0078】次に、半導体装置13の周辺寄りに存在するバンプ1直下の応力緩和層5の膜厚を他の箇所と比べて薄くした半導体装置13の実施例の一例を図24を用いて説明する。この実施例では、最外周のバンプ1aは、その一つ内側のバンプ1bとくらべ、δだけ高さが低くなっている。

【0079】半導体装置13の周辺部について応力緩和層5の膜厚を薄くする方法としては、ペースト状のポリイミド材料などの応力緩和層形成材料中に含まれる微小粒子の有無、粒子の形状や配合、印刷速度、版離れ速度、印刷回数等の印刷条件、ペースト中の溶剤の割合などを変更する方法がある。

【0080】一般に半導体装置13の周辺寄りに存在するバンプ1aには、回路基板14に半導体装置13を接合した後の各種負荷により、その他のバンプ1b等と比べ大きな歪みが生じている。例えば、半導体装置13と回路基板14との線膨張係数は異なるため、温度上昇時には半導体装置13の周辺寄りのバンプ1aになるほど

大きな歪みが発生する。この歪みが大きい場合や繰り返して作用する場合、半導体装置13の周辺よりのバンプ1aは破壊しやすい。

【0081】本実施例にあるように半導体装置13の周辺部について応力緩和層5の膜厚を薄くすると、対応した箇所のバンプ1の形状を制御することが可能となり、回路基板14に接続した際にバンプ1は図25に示したような縦長バンプ1aとなる。このような縦長バンプ1aでは、体積自体はその他のバンプ1と同一であるため、バンプ1とバンプ3との接触角およびバンプ1と回路基板14上のパッドとの接触角が大きくなる。つまり、図25においては $\alpha1 > \alpha2$ 、 $\beta1 > \beta2$ となる。

【0082】接触角が大きくなることで、バンプとパッドとの接合部に対する応力集中は緩和されることがなる。このように応力緩和層5の膜厚を半導体装置13の周辺部のバンプパッド3形成箇所についてその他の部分より薄くし、バンプ1の形状を縦長とすることで、半導体装置13と回路基板14との接合信頼性を向上させることが出来る。なお、応力緩和層5の断面形状は、バンプ1の厚さが半導体装置13の回路基板14に対する接合時に支障のない範囲内で設計することが可能であり、様々なものがある。

【0083】δの大きさは、(1)最外周に位置する縦長バンプ1aに要求される応力緩和特性、(2)半導体装置13の機能検査時におけるバンプ高さバラツキ許容値、(3)半導体装置13の回路基板14に対する接合時のバンプ高さバラツキ許容値、などを考慮して決定する。より具体的に記述すると、上記応力緩和特性は応力緩和層5の弾性率と半導体装置13のサイズから求める。一方、機能検査時や接合時のバラツキについては、はんだがオールや応力緩和層5の変形も考慮したうえでそれらの許容値を求める。例えば、機能検査はバンプ上面から検査器具を押つけて応力緩和層5を变形させれば、バンプ高さバラツキが実質的に存在しない状態で機能検査することが可能である。このような操作を行ったとしても、応力緩和層5ははんだバンプ材料と比べて相対的に弾性率が低い。はんだバンプの变形より応力緩和層5の变形が優先して起こり、はんだバンプへ負荷が要求されるδの値が、機能検査装置で要求されているバンプ高さバラツキよりも大きくなってしまうと、応力緩和層5の变形によって対応できる範囲であれば差し支えない。また、応力緩和層5は弾性体であるため、検査終了後には形状が復旧するので基板への接合時にも特段の問題はない。このことを勘案すると、事実上、前記(1)および(3)からδが決定されることとなる。前述のように応力緩和特性は、応力緩和層5の膜厚が5乃至150マイクロメートルで良い結果が得られるため、応力緩和特性からは $\delta = 150 - 35 = 115$ マイ

クロメートルとなる。また、 $\delta = 115$ マイクロメートルという値は、回路基板14への接合の際に許容される上限値とは等しい。よってδの値は115マイクロメートルが多くなる場合、上限値となる。

【0084】また、本実施例の構造は、半導体装置の微細化が進み、半導体装置の配線の図面上、応力緩和層の傾斜部がバンプを形成しなければならぬ場合にも適用できる。なお、上記図24では最外周バンプ1aとその一つ内側のバンプ1bとで高さを差を付けるために応力緩和層5の厚みを制御しているが、その他の制御方法として、保護層8の構造調整による方法もある。例えば、図40に示したように最外周バンプ1aの直下では保護層8の有機層を形成しないか、あるいはごく薄く形成するにとどめ、バンプ1bより内側では保護層8の有機層を厚めに形成するなどの方法がある。必要に応じ、応力緩和層5の厚みと保護層8の有機層厚みとを適宜調整し制御することにより所望の高さ差δを達成することも何ら問題はない。

【0085】また、半導体装置の最外周に位置するバンプには外力が加わりやすく、はんだに亀裂等ができる場合があるので、最外周に位置するバンプのうちいくつかは緩衝部材として用いてもよい。この場合、緩衝部材として使用するバンプは、アルミバンプ7と電気的に接続されたい。半導体装置が電気的に動作する上で不要なものとすることが望ましい。これにより、半導体装置が電気的に動作する上で必要その他のバンプで断線が発生するまでの期間を延長することが出来る。なお、緩衝部材とすることで更にバンプ破断までの期間を延長することによって他のバンプ破断までの期間を延長することによって、本実施例では好適なバンプ径を大きく出来る。なお、本実施例でいうバンプ径を大きくするために公知慣用のいずれの方法を用いても良いが、特に好適な方法を1つ例示すると、はんだの体積自体は他のバンプと同一にしたままバンプランド(パッド)を大きくすることである。パッドを大きくすることにより接合径は大きくなる一方、はんだの体積は他と同等であるためバンプ高さが低くなり、その結果として、回路基板14に接続した際にバンプとパッドとの接触角が大きくなりバンプとパッドの接触点への応力集中を回避できる。応力集中がなくなることによってはんだ内でのクラック進展が遅くなることも、バンプ径が増大したことによって断線に至るまでのクラック長さの絶対値そのものも大きくなるので、バンプは段までの期間延長に大きく貢献する。

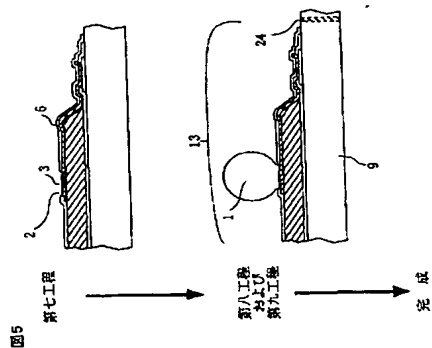
【0086】また、半導体装置を接続する回路基板の配線引き出しの設計を容易にするという観点から考えると、半導体装置の中央付近に電極またはグラッド線を配置することが望ましく、その結果として、図26(a)(b)に示すようにアルミパッド7とアルミパッド4の距離が近いバンプパッドを形成する半導体装置14は信号線として、速いバンプパッドを接続する最良線用配

線引き出しの設計を容易にするという観点から考えると、半導体装置の中央付近に電極またはグラッド線を配置することが望ましく、その結果として、図26(a)(b)に示すようにアルミパッド7とアルミパッド4の距離が近いバンプパッドを形成する半導体装置14は信号線として、速いバンプパッドを接続する最良線用配

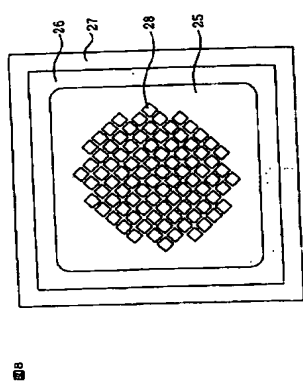




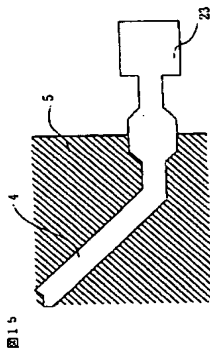
【図5】



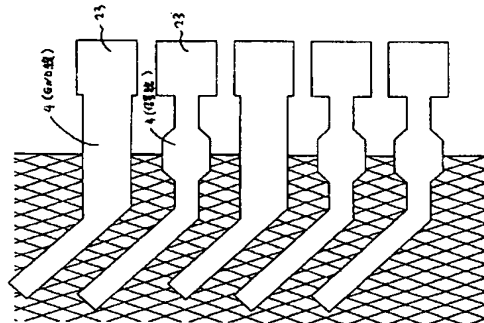
【図6】



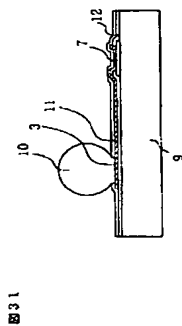
【図15】



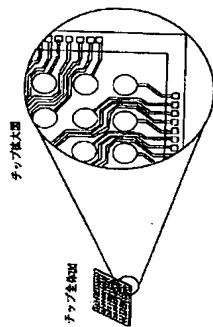
【図16】



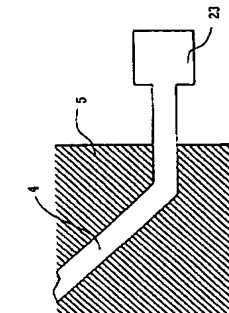
【図31】



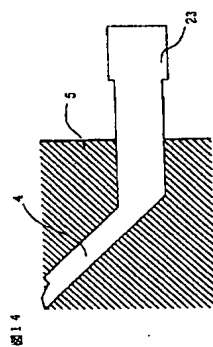
【図11】



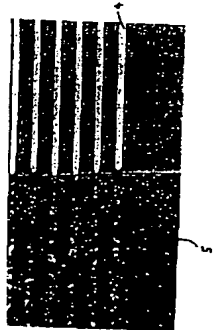
【図12】



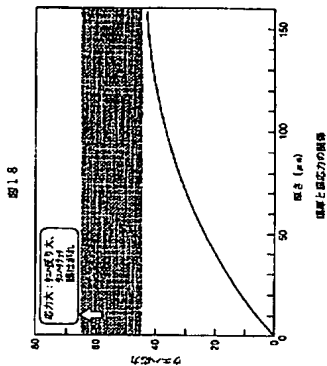
【図14】



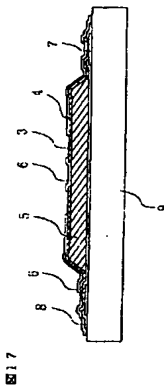
【図13】



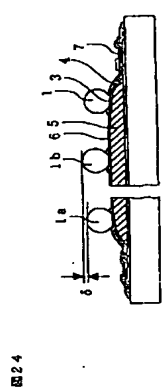
【図18】



【図17】

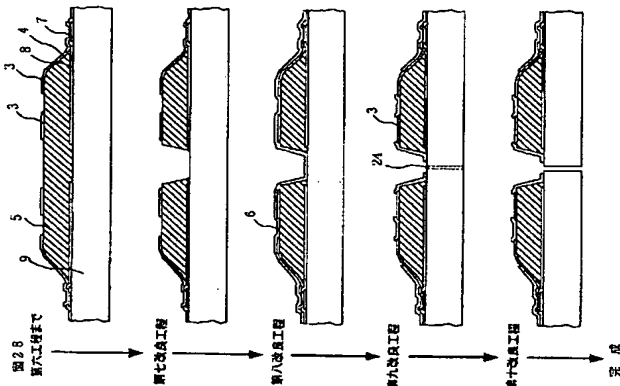


【図24】

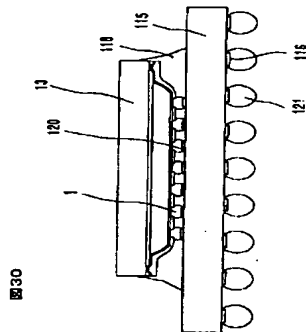




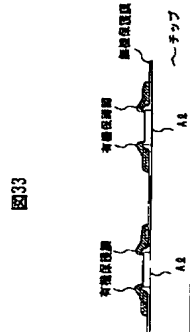
【図 28】



【図 30】



【図 33】



【図 34】

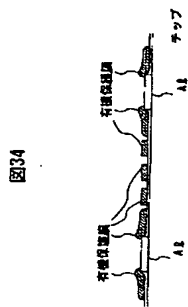
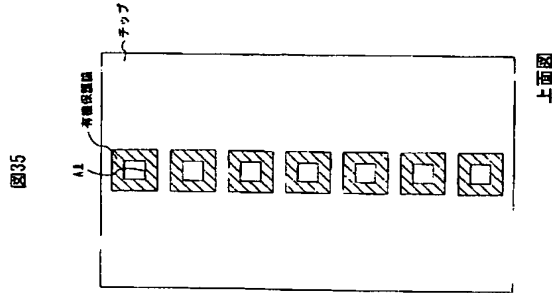


図 34

【図 35】



上面図

【図 32】

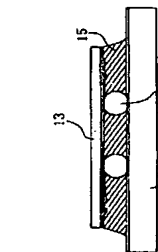


図 32

【図 38】

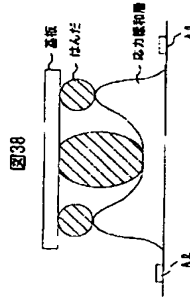


図 38

【図 39】

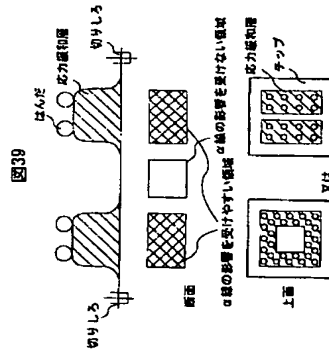


図 39

【図 36】

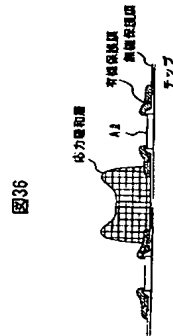


図 36

【図 37】

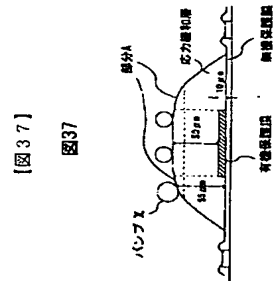


図 37

【図 40】

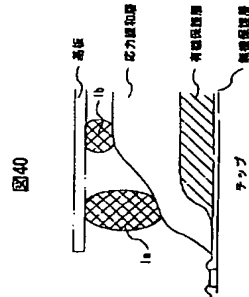
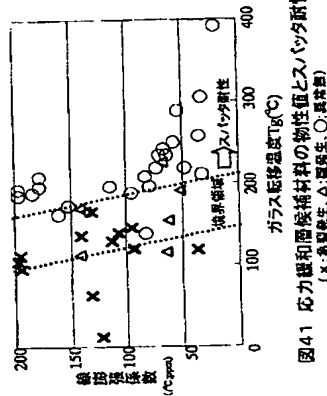


図 40

【図41】



フロントページの続き

(72)発明者 井上 康介 神奈川県横浜市中区吉田町292番地 株式会社日立製作所生産技術研究所内	(72)発明者 鎌田 尚哉 神奈川県横浜市中区吉田町292番地 株式会社日立製作所生産技術研究所内
(72)発明者 大塚 龍行 神奈川県横浜市中区吉田町292番地 株式会社日立製作所生産技術研究所内	(72)発明者 安生 一郎 東京都小平市上水本町五丁目20番1号 株式会社日立製作所半導体グループ内
(72)発明者 宝蔵寺 裕之 神奈川県横浜市中区吉田町292番地 株式会社日立製作所生産技術研究所内	(72)発明者 西村 朝雄 東京都小平市上水本町五丁目20番1号 株式会社日立製作所半導体グループ内
(72)発明者 皆川 円 神奈川県横浜市中区吉田町292番地 株式会社日立製作所生産技術研究所内	(72)発明者 氏家 健二 東京都小平市上水本町五丁目20番1号 株式会社日立製作所半導体グループ内
(72)発明者 角田 重晴 神奈川県横浜市中区吉田町292番地 株式会社日立製作所生産技術研究所内	(72)発明者 矢島 明 東京都小平市上水本町五丁目20番1号 株式会社日立製作所半導体グループ内